

УДК 65.011.56  
ББК 60.843

## ОБ ИЗМЕРЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Зеленков Ю. А.<sup>1</sup>

(ОАО «Научно-производственное объединение «Сатурн»,  
Рыбинск)

*Предложен метод измерения эффективности внедрения информационной системы на основе энтропии характерного параметра бизнес-процесса, поддерживаемого системой. Получены соотношения, позволяющие оценить долю процессов, выполняемых с одинаковым результатом. Приведен пример использования предложенного метода для оценки эффекта от информационной системы и определения направлений дальнейшего совершенствования бизнес-процессов.*

Ключевые слова: информационные системы, бизнес-процессы, эффективность.

### **1. Введение**

Современное предприятие осуществляет деятельность в непрерывно изменяющихся условиях и поэтому вынуждено уделять особое внимание постоянному повышению операционной эффективности. Это достигается за счет изучения и заимствования лучших практик лидеров рынка, оптимизации существующих и разработки новых моделей бизнес-процессов, а также внедрения информационных систем (ИС). При этом возникает задача оценки результата мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования. Поскольку внедре-

---

<sup>1</sup> Юрий Александрович Зеленков, кандидат физико-математических наук, директор по информационным технологиям ОАО «НПО «Сатурн» (yuri.zelenkov@npo-saturn.ru).

ние ИС всегда связано со значительными затратами всех видов ресурсов, разработка метода оценки эффекта от внедрения такой системы наиболее актуальна.

## **2. Обзор методов измерения эффективности**

Измерению эффективности бизнеса посвящена обширная литература. Наиболее ранние подходы, основанные на управленческом или бухгалтерском учете, предполагают оценку в виде возврата инвестиций. В качестве критерия эффективности предлагается отношение вида  $r(t) = \Delta C(t) / [I + s(t)]$ , где  $\Delta C(t)$  - сокращение затрат, вызванное внедрением новой модели бизнес-процессов,  $I$  – инвестиции на ее внедрение,  $s(t)$  - затраты на поддержку,  $t$  - время. Однако практика показала, что точное определение величины  $\Delta C(t)$  для конкретного проекта или мероприятия почти всегда является проблемой.

Необходимо также отметить, что согласно современным представлениям [6] деятельность компании охватывает все стороны общественной жизни (политика, экономика, наука этика и эстетика), и использование ИС может приносить не только экономический эффект. Отсюда следует, что использование оценок, ориентированных только на денежные показатели не всегда оправдано.

А.Нили [5] выделяет пять критериев, по которым можно измерять эффективность операций:

- качество, т.е. соответствие спецификациям продукта или услуги;
- надежность, под которой понимается способность выполнять план;
- скорость или время выполнения операций;
- гибкость - соответствует способности быстро изменяться;
- стоимость.

Подход, расширяющий диапазон оценки по сравнению с чисто затратным методом, привел к появлению таких моделей, как пирамида SMART (Strategic Measurement And Reporting Technique) [9], сбалансированная система показателей (BSC –

Balanced Score Cards) [8], призма производительности [13] и др. Основная цель этих методов – направить все действия компании на повышение дохода ее владельцев. Их общий недостаток – система показателей должна быть сконструирована до начала измерений. Причем, такая система проектируется «сверху вниз», т.е. параметры какого-либо достаточно локального процесса выводятся в итоге из стратегических показателей компании, которые также фактически сводятся к финансовым показателям (прибыли или стоимости акций). Недостатки вышеупомянутых подходов на основе финансовых и нефинансовых показателей детально проанализированы в [10].

Известны также статистические методы измерения качества процессов, в частности подход «шесть сигма» [14]. Все процессы предприятия можно разделить на производственные и транзакционные (бизнес-процессы), анализ различий между ними сделан в работе [12]. В частности там отмечено, что для транзакционных процессов очень сложно однозначно определить понятия «дефект», «запасы», «незавершенное производство» и в итоге вычислить экономические характеристики. Для производственных процессов эти значения задаются и измеряются значительно легче. Кроме того, для использования методики «шесть сигма» целевое значение контролируемого параметра и допустимые отклонения также должны быть заданы заранее, что не всегда возможно в проектах организационных изменений.

### **3. Энтропийный метод измерения эффективности.**

Более актуальный метод можно предложить на основании теории сложности. В работе [11] перечислено несколько методов измерения сложности, там же отмечено, что ни одно из них не является общепринятым. Это связано с тем, что теория сложности до сих пор находится в весьма ранней стадии своего становления.

Тем не менее, применительно к поставленной задаче теория сложности дает возможность построить систему измерения эффективности. Воспользуемся следующим определением: система называется сложной, если в ней не хватает информации

онных ресурсов для эффективного описания ее текущего и прогнозирования будущих состояний. Это означает, что законы функционирования системы и управления ею неизвестны. Соответственно, в таких системах всегда должна быть подсистема принятия решения.

Очевидно, что внедрение ИС, прежде всего, имеет целью повысить количество информации об организационной системе и снизить неопределенность. Неопределенность состояния системы характеризуется информационной энтропией. Пусть система реагирует на некоторое воздействие событием  $x$  с  $n$  возможными состояниями, а  $p(i)$  – вероятность исхода  $x_i$ ,  $i=1, \dots, n$ . Тогда информационная энтропия будет равна:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^n p(i) \ln p(i)$$

Известен ряд работ, предлагающих использовать энтропийные методы при проектировании новых моделей бизнес-процессов. В [7] исследована информационная энтропия типовых моделей бизнес-процессов (последовательный, параллельный, цикл). В [4] предложен метод сравнительной оценки существующей и проектируемой моделей бизнес-процесса на основе энтропии результатов их имитационного моделирования. В [2] рассмотрены некоторые энтропийные модели бизнес-процессов предприятий.

Свойства энтропии:

- Неотрицательность  $H(x) \geq 0$
- Ограниченность  $H(x) \leq \ln n$
- Если  $x, y$  независимы, то  $H(xy) = H(x) + H(y)$
- Если  $x, y$  зависимы, то  $H(xy) = H(x) + H(y|x) = H(y) + H(x|y)$

Первое и второе из перечисленных свойств позволяют построить метод измерения эффективности ИС на основе энтропии случайной величины  $\mu$ , равной значению характерного параметра, поддерживаемого данной системой процесса. Если за период времени  $t$  выполнено  $N$  процессов с  $n$  возможными

исходами, каждому из которых соответствует определенное значение  $\mu_i$ , предлагаемая характеристика будет иметь вид:

$$(1) \quad H(t) = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p(\mu_i) \ln p(\mu_i)$$

Где  $p(\mu_i)$  - доля процессов с исходом  $\mu_i$  в общем числе процессов, выполненных за указанный период времени. Известно, что максимальным значением энтропии  $H(x) = \ln n$  обладает равномерно распределенная случайная величина, а минимальным  $H(x) = 0$  величина, которая всегда принимает одно и то же значение. Соответственно, состоянию наименьшей информированности о бизнес-процессе, когда все его возможные результаты равновероятны, соответствует значение  $H(t) = 1$ , состоянию полной определенности, когда возможен только один результат, - значение  $H(t) = 0$ . Тем самым, фиксируя изменение значения  $H(t)$  до, во время и после внедрения ИС можно судить о степени ее эффективности.

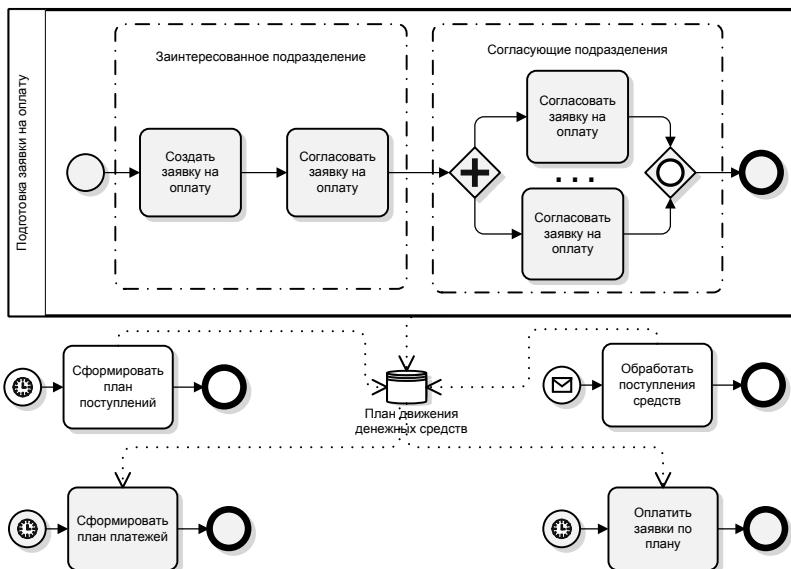


Рис. 1. Бизнес-процессы планирования и выполнения финансовых операций

Третье и четвертое свойство энтропии позволяют обобщить предложенный метод на случай, когда ИС поддерживает одновременно несколько независимых или зависимых бизнес-процессов.

В качестве примера использования предложенного метода рассмотрим измерение эффективности бизнес-процесса (и соответствующей ИС) оплаты поставщикам, реализованного на НПО «Сатурн». Как следует из рис. 1, данный бизнес-процесс является одним из группы асинхронных процессов планирования и осуществления финансовых операций, взаимодействующих через план движения денежных средств.

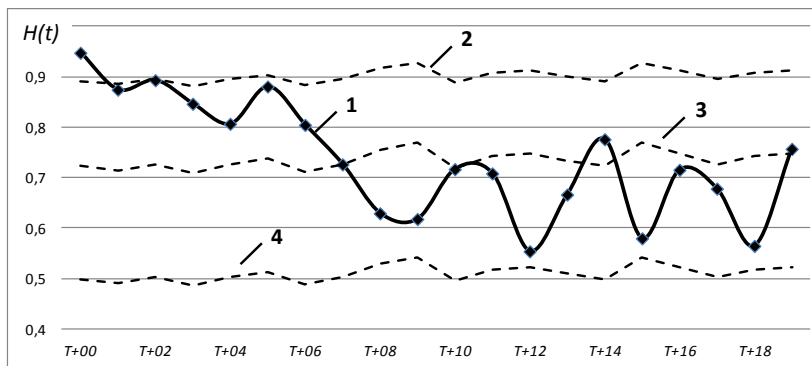


Рис. 2. Эффективность процесса оплаты

Информационная система в момент исследования поддерживала только те действия, которые закрашены серым цветом. Это процесс подготовки заявки на оплату и действия «Сформировать план платежей» и «Оплатить заявки по плану». При создании заявки на оплату заинтересованная служба указывает желаемую дату платежа  $\delta$ , поэтому в качестве характерного параметра процесса логично выбрать отклонение от этой даты  $\mu = \varepsilon - \delta$ , измеряемое в днях, где  $\varepsilon$  — фактическая дата выполнения платежа. Величина  $H(t)$  по данному параметру  $\mu$  вычислялась ежемесячно. Полученные результаты представлены кривой 1 на рис. 2, где  $T$  — момент запуска системы,  $T + i$ ,  $i=0, \dots, 19$  — период (месяц) с момента запуска системы. Как следует из

графика, степень непредсказуемости процесса в результате внедрения информационной системы за 8 месяцев снизилась в 1,5 раза. После этого значение  $H(t)$  совершает колебания с периодом равным кварталу. Дальнейший анализ показал, что минимальное значение всегда достигается во второй месяц квартала. Это связано с отсутствием в данном месяце регулярных платежей (налоги и т.п.), нарушение сроков выполнения которых приводит к обязательным штрафам.

Таким образом, предложенная метрика позволила не только убедиться в общей эффективности ИС, но и позволила определить направление дальнейшего совершенствования операций. В данном конкретном случае это совершенствование процедур управления финансами за счет автоматизации процесса планирования и учета поступлений.

Очень часто на практике возникает задача организовать выполнение бизнес-процессов таким образом, что бы определенная их доля заканчивалась с заданным результатом. Например, для надежного функционирования метода планирования производства MRP необходимо, чтобы не менее 95% производственных заказов выполнялась точно в заданный срок [3].

Определим значение  $H(t)$ , соответствующее заданной доле процессов  $t$ , выполняемых с необходимым результатом. Для этого воспользуемся подходом, известным как «формализм Джейнса» [1]: если нам ничего не известно о величине  $x$ , кроме того, что она лежит в некотором ограниченном диапазоне, то разумнее всего принять, что вероятности  $p(x_i)$  распределены таким образом, что они обеспечивают максимум энтропии  $H(x)$ , которая может рассматриваться как мера нашего незнания. Таким образом, поставленная задача сводится к отысканию максимума

$$\max_{p(x_i)} H(x), \quad H(x) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \ln p(x_i)$$

при ограничениях:

$$\varphi_1 = p(x_1) - m = 0, \quad \varphi_2 = \sum_{i=2}^n p(x_i) - 1 + m = 0.$$

Воспользуемся методом множителей Лагранжа, для чего запишем функцию

$$L(p(x_i), \lambda) = H(x) + \sum_{j=1}^2 \lambda_j \varphi_j$$

Для нахождения условного экстремума этой функции приравняем нулю ее частные производные по  $p(x_i)$  и  $\lambda_j$ , что даст нам систему из  $n + 2$  уравнений:

$$\frac{\partial L}{\partial p(x_1)} = -\ln p(x_1) - 1 + \lambda_1 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial p(x_i)} = -\ln p(x_i) - 1 + \lambda_2 = 0, \quad i = 2, \dots, n$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = p(x_1) - m = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = \sum_{i=2}^n p(x_i) - 1 + m = 0$$

Из второго уравнения следует  $p(x_i) = e^{\lambda_2 - 1}$ ,  $i = 2, \dots, n$ .

Подставляя это значение в  $\sum_{i=2}^n p(x_i) - 1 + m = 0$  и выполнив

суммирование по  $i$ , получаем  $(n-1)e^{\lambda_2 - 1} = 1 - m$ , откуда

$$\lambda_2 = \ln \frac{1-m}{n-1} + 1 \quad \text{и} \quad p(x_i) = \frac{1-m}{n-1}, \quad i = 2, \dots, n, \quad \text{т.е. вероятности}$$

завершения процесса с результатами  $x_2, \dots, x_n$  распределены равномерно.

Подставим полученные значения распределения вероятностей в формулу (1) после преобразований получим:

$$(2) \quad H(t) = h(t) + (1-m) \frac{\ln(n-1)}{\ln n}$$

$$(3) \quad h(t) = -\frac{1}{\ln n} [m \ln m + (1-m) \ln(1-m)]$$

Полученные результаты позволяют на основании значения  $H(t)$  определить долю бизнес-процессов, заканчивающихся с одинаковым результатом. Для этого достаточно по формуле (2) вычислить  $H(t)$  при различных значениях  $m$  и сопоставить их со значениями  $H(t)$ , вычисленными по формуле (1). В качестве примера на рис.2 представлены кривые 2, 3, 4, соответствующие значениям  $m=0,3$ ;  $m=0,5$  и  $m=0,7$ .

Из представленных результатов следует, что на момент внедрения ИС менее 30% процессов завершались с одним и тем же результатом. После внедрения системы количество этих процессов увеличилось до 70% во второй месяц квартала и 50% в первый и третий месяц квартала.

В заключение отметим, что предложенный метод позволяет измерить только «степень непредсказуемости» результатов исследуемого бизнес-процесса, не оценивая их соответствие неким целевым значениям. В то же время, как уже было отмечено, в большинстве случаев на ранних стадиях проектов по организационному совершенствованию определение таких целевых значений вызывает значительные затруднения. Поэтому предлагается на первых этапах использовать предложенный метод для оценки уровня стабильности процесса, а также для определения целевых значений его параметров, которые затем могут контролироваться при помощи методики «шесть сигма».

### **Литература**

1. ГОЛИЦЫН Г.А., ЛЕВИЧ А.П. *Вариационные принципы в научном знании* // Философские науки. – 2004, № 1. – С. 105-136.
2. ПРАНГИШВИЛИ И.В. *Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами* – М.: Наука, 2003. – 428 с

3. УАЙТ О. *Управление производством и материальными запасами в век ЭВМ.* – М.: Прогресс, 1978. – 304 с.
4. ARTETA, B.M., GIACHETTI, R.E. *A measure of Agility and the complexity of the enterprise system* // *Robotics and computer-integrated manufacturing* – 2004, № 20. – P. 495-503.
5. *Business Performance Measurement. Unifying Theory and Integrating Practice.* / Neely, A. (ed.) – Cambridge, UK; NY: Cambridge University Press, 2007. – 529 p.
6. GHARAJEDAGHI, J. *System thinking. Managing chaos and complexity: a platform for designing business architecture.* – Morgan Kaufmann, 2011. – 376 p.
7. JUNG, J.Y., CHIN, C.H., CARDOSO, J. *An entropy-based uncertainty measure of process models* // *Information Processing Letters* – 2011, №111. – P. 135–141
8. KAPLAN, R.S., NORTON D.P. *The balanced scorecard: measures that drive performance* // *Harvard Business Review* – 1992, Vol.70, № 1. – P.71-92
9. LYNCH, R.L., CROSS, K.F. *Measure up! Yardsticks for continuous improvement.* – Oxford: Blackwell, 1995. – 272 p.
10. MARSHALL, W. M. *Rethinking performance measurement: beyond the balanced scorecard.* – Cambridge, UK; NY: Cambridge University Press, 2002. – 220 p.
11. MITCHEL, M. *Complexity. A guided tour.* – Oxford, UK; NY: Oxford University Press, 2009. – 368 p.
12. MUIR A.K. *Lean six sigma statistics. Calculating process efficiencies in transactional projects.* – NY: McGraw-Hill, 2006. – 354 p.
13. NEELY, A.D., ADAMS C., KENNERLEY, M. *The performance prism: the scorecard for measuring and managing stakeholder relationships.* – London.: Financial Times / Prentice Hall, 2002. – 208 p.
14. PEARN, W.L., KOTZ, S. *Encyclopedia and handbook of process capability indices. A comprehensive exposition of quality control measures.* – Singapore.: World Scientific Publishing, 2006. – 391 p.

## **ON MEASUREMENT OF INFORMATION SYSTEM EFFICIENCY.**

**Yuri Zelenkov**, NPO Saturn, Rybinsk, PhD., Chief Information Officer (yuri.zelenkov@npo-saturn.ru).

*Abstract: Information systems implementation efficiency measurement method is proposed. It is based on entropy of characteristic parameter of business process which supported by system. Equations that help to estimate rate of processes with predefined output are introduced. Example of proposed method application to estimation of information system effect and definition of business-processes improvement direction is provided.*

**Keywords:** information systems, business processes, efficiency.